

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-047103

(43)Date of publication of application : 18.02.2000

(51)Int.Cl.

G02B 13/24  
G03F 7/20  
H01L 21/027  
// G06F 17/50

(21)Application number : 10-226497

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 27.07.1998

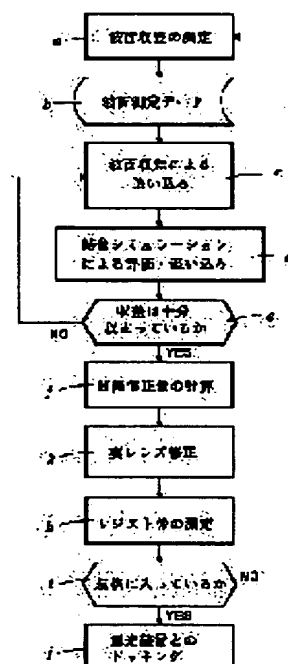
(72)Inventor : OZAWA TOSHIHIKO

## (54) ADJUSTING METHOD OF PROJECTION OPTICAL SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a projection optical system adjusting method capable of attaining comparatively high working efficiency and a comparatively high image forming performance.

**SOLUTION:** As for the method for adjusting the projection optical system for forming a pattern image on an original plate onto photosensitive agent on a substrate, the method comprises a 1st process (a) for measuring the wave surface of radiation passing through the projection optical system, 2nd processes (d) to (f) for executing an image forming simulation in the projection optical system based on the measurement data on the wave surface and the adjustment quantity of the projection optical system so as to obtain an image forming evaluation quantity and then calculating the adjustment quantity required when the image forming evaluation quantity is put into the prescribed extent and a 3rd process (g) for adjusting the projection optical system based on the calculated adjustment quantity.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-47103

(P2000-47103A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I           | テマコード (参考)        |
|---------------------------|-------|---------------|-------------------|
| G 0 2 B 13/24             |       | G 0 2 B 13/24 | 2 H 0 8 7         |
| G 0 3 F 7/20              | 5 2 1 | G 0 3 F 7/20  | 5 2 1 5 B 0 4 6   |
| H 0 1 L 21/027            |       | H 0 1 L 21/30 | 5 1 5 D 5 F 0 4 6 |
| // G 0 6 F 17/50          |       | G 0 6 F 15/60 | 6 8 0 A           |

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-226497

(22) 出願日 平成10年7月27日 (1998.7.27)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 小澤 稔彦

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100094329

弁理士 猪熊 克彦

Fターム (参考) 2H087 KA21 LA01 NA09

5B046 JA04

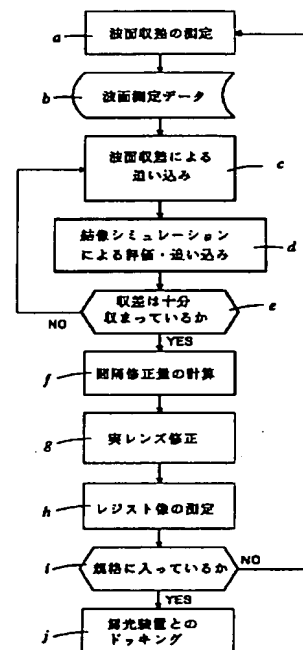
5F046 AA05 AA07 BA03 CA04 CB12

(54) 【発明の名称】 投影光学系の調整方法

(57) 【要約】

【課題】 作業効率が比較的良く、投影光学系の結像性能の比較的高い投影光学系の調整方法を提供する。

【解決手段】 原版上のパターンの像を基板上の感光剤上に形成するための投影光学系を調整する方法において、投影光学系を通過する放射の波面を測定する第1工程 a と、波面の測定データと投影光学系の調整量とに基づいて投影光学系の結像シミュレーションを行って結像評価量を求め、結像評価量が予め定められた範囲内に追い込まれたときの調整量を算出する第2工程 d~f と、算出された調整量に基づいて投影光学系を調整する第3工程 g とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 原版上のパターンの像を基板上の感光剤上に形成するための投影光学系を調整する方法において、前記投影光学系を通過する放射の波面を測定する第1工程と、該波面の測定データと前記投影光学系の調整量とに基づいて前記投影光学系の結像シミュレーションを行って結像評価量を求め、該結像評価量が予め定められた範囲内に追い込まれたときの前記調整量を算出する第2工程と、該算出された調整量に基づいて前記投影光学系を調整する第3工程とを備えたことを特徴とする投影光学系の調整方法。

【請求項2】 前記第1工程と第2工程との間に、前記波面の収差が予め定められた範囲内に追い込まれたときの前記調整量を算出する工程を備えたことを特徴とする請求項1記載の投影光学系の調整方法。

【請求項3】 前記第1工程による測定波面を $W$ とし、該測定波面 $W$ を模擬した結像シミュレーションによる波面を $W_0$ とし、調整量を調整した後の結像シミュレーションによる波面を $W_0'$ としたとき、 $W' = W_0' + (W - W_0)$ によって、調整量を調整した後の測定波面 $W'$ を予測することを特徴とする請求項1又は2記載の投影光学系の調整方法。

【請求項4】 前記結像シミュレーションは、前記パターンの空間像を計算することを特徴とする請求項1、2又は3記載の投影光学系の調整方法。

【請求項5】 前記結像シミュレーションは、前記感光剤に形成される潜像又はレジスト像を計算することを特徴とする請求項1、2又は3記載の投影光学系の調整方法。

【請求項6】 前記結像評価量は、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲収差のうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載の投影光学系の調整方法。

【請求項7】 前記結像シミュレーションによる追い込みに用いる算出手法は、局所的最適化手法であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載の投影光学系の調整方法。

【請求項8】 前記結像シミュレーションによる追い込みに用いる算出手法は、大域的最適化手法であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載の投影光学系の調整方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体や液晶ディスプレイ等の回路の製造に用いる投影露光装置における投影光学系の調整方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、投影露光装置の投影光学系を調整するとき、実際に所定のパターンを投影光学系を介して所定の露光条件で結像させながら投影光学系の調整を行っている。すなわち、投影光学系を介したレジスト像や空間像等の像を観察して、その像に発生する収差から調整すべきレンズとその調整量を求め、それに基づいて調整を行う。図10にて、従来の投影光学系の調整手順について説明する。まず、投影光学系を介したレジスト像や空間像等の像を測定する(図10のu)。そして、その像の収差量を求める(同v)。次に、その収差量に基づいて、調整すべきレンズ(調整手順)と、その間隔補正量を計算で求める(同w)。そして、この計算値に基づいてレンズを修正し(同g)、レジスト像を測定する(同h)。この測定値が、予め定められた規格を満足する場合には(同i)、その投影光学系は完成品として、露光装置に組み込まれる(同j)。これに対して、測定値が規格を満足しない場合には(同i)、その測定値(同h)から再度収差量を求める(同v)。その後、レジスト像の測定値が規格を満足し、投影光学系が完成品となるまで、同図v～iを繰り返す。ここで、規格は、その投影光学系が組み込まれる露光装置に要求される精度等により決定されるものである。次に、図11にて、従来の調整方法にて調整した投影光学系の像高と諸収差との関係を示す。同図の横軸は像高を表し、縦軸は収差量を表す。なお、縦軸の収差量の単位は、任意単位である。点Aは球面収差を表し、線Bはコマ収差を表し、線Cは非点収差を表し、線Dは像面湾曲を表し、線Eは歪曲収差を表している。また収差の他に、同図の線Rは、波面のRMSを各像高毎に表示したものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来の投影光学系の調整方法は、作業効率が悪い上に、投影光学系の結像性能もあまり高くなかった。すなわち、上記の調整方法は、作業者の経験と勘に頼った調整方法であり、試行錯誤が多い作業であった。実際に投影光学系を介して露光した後にレンズ補正量を決めていくため、検査を含めた調整工程に多くの時間を要していた。また、調整時の所定の露光条件で見かけ上の収差を補正することができても、実際には大きい収差が残留している場合があった。すなわち、調整時の露光条件と異なる露光条件では、収差が生じてしまう場合があった。また、上記の調整方法は、所定の露光条件による収差に対して、決められたレンズを移動(間隔補正)しているだけなので、もともと収差の追い込みに対して不利であった。したがって本発明は、作業効率が比較的良く、投影光学系の結像性能の比較的高い投影光学系の調整方法を提供することを課題とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、すなわち、添付図面の

図1に付した符号をカッコ内に付記すると、本発明は、原版上のパターンを像を基板上の感光剤上に形成するための投影光学系を調整する方法において、投影光学系を通過する放射の波面を測定する第1工程(a)と、波面の測定データと投影光学系の調整量とに基づいて投影光学系の結像シミュレーションを行って結像評価量を求め、結像評価量が予め定められた範囲内に追い込まれたときの調整量を算出する第2工程(d~f)と、算出された調整量に基づいて投影光学系を調整する第3工程(g)とを備えたことを特徴とする投影光学系の調整方法である。その際、第1工程(a)と第2工程(d~f)との間に、波面の収差が予め定められた範囲内に追い込まれたときの調整量を算出する工程(c)を備えることが好ましい。

【0005】以上の構成によって、作業効率が比較的良好く、投影光学系の結像性能の比較的高い投影光学系の調整方法を提供することができる。以下、投影光学系の調整量算出方法について詳しく説明する。はじめに、測定された波面 $W$ に対し、それに対応するシミュレーションによる波面 $W_0$  (計算処理可能な数値データとしての光学系データの波面)を計算する。したがって、波面 $W$ と $W_0$ の差分 $dW$ は、

$$dW = W - W_0 \quad (1)$$

となる。そして、その後の計算では、シミュレーション上の波面 $W_0$ を計算する度に、(1)式の差分 $dW$ を加える。これにより、波面 $W_0$ を計算するだけで、次式のように測定波面 $W$ が求まる。

$$W = W_0 + dW \quad (2)$$

【0006】更に、光学系の調整量に何らかの変更を加える場合には、それによって変化するシミュレーション上の波面 $W_0'$ は、同様の変更を実光学系に対して加える場合と同様の変化分が $W_0$ に加わっている。したがって、(2)式のように単に差分 $dW$ を加えるだけで、次式のように実光学系が持つであろう波面 $W'$ を算出できる。

$$W' = W_0' + dW = W_0' + (W - W_0) \quad (3)$$

ここで、一般に、計算に用いる波面は、XY座標と瞳座標による4次元の関数である。

【0007】なお、実光学系が持つであろう波面 $W'$ を算出する別の方法としては、次式のシミュレーション上の波面の変化分 $dW_0$ 、

$$dW_0 = W_0' - W_0 \quad (4)$$

を、次式のように測定された波面 $W$ に加える方法が考えられる。

$$W' = W + dW_0 = W + (W_0' - W_0) \quad (5)$$

しかしながら、計算の効率を考えたとき、(3)式の計算の方が(5)式より効率が良い。すなわち、(3)式の計算では、差分 $dW$ が後の光学系データの変形に依存しない。(1)式にて差分 $dW$ を1回求めてしまえば、その後の処理は、変化した光学系データの波面 $W_0'$

に、差分 $dW$ を加算していくだけである。これに対して、(5)式の計算では、(4)式の光学系データの波面の変化分 $dW_0$ が、光学系データの変形に依存している。そのため、 $W_0'$ が変化する度に、(4)式にて $dW_0$ を求めなければならない。このように、(3)式を用いるのが効率が良い。

【0008】次に、波面収差による自動修正(追込み)を行う。波面収差の自動修正とは、波面収差をターゲットとして、評価しうる諸量を選択したもので、例えば、それは波面のRMSであり、或いはRMSが最小となる最適ナフォーカス・シフト量であり、或いは波面の詳細なうねりをツェルニケ関数などの関数系列に成分分解したときの各成分に対する係数である。もちろん成分分解した後で波面を、回転対称成分、偶対称成分、奇対称成分に分けて、それぞれのRMSをターゲットにしても良い。

【0009】このような波面収差による自動修正によって、投影光学系の結像性能はおおよそ満足される。しかしながら、実際の投影光学系の露光条件では、光源の強度分布が瞳内で一様ではなく、瞳の中心付近にのみ分布していたり、その分布の大きさが露光条件によって変化する可能性がある。その結果、波面が初期の状態と比べて数値上改善されていても、それが十分に小さな値となっていなければ、結像性能を満足していない場合がある。したがって、更に、結像シミュレーションを用いた自動修正によって、パラメータの微調整を行う。

【0010】波面収差による自動修正を行った後に行う結像シミュレーションは、ホプキンス(H.H.Hopkins)による部分コヒーレント結像理論(Proc.Roy.Soc., A, 208(1951), 263)に基づいたものである。結像シミュレーションには、大別して、計算処理の速い空間像シミュレーションと、処理速度は遅いがフォトリソグラフィをより良く再現するレジストシミュレーションの2つがある。また、両者の中間的なものとして潜像シミュレーションがある。これらのいずれもが、前述した投影光学系の露光条件を忠実にシミュレーションできるものである。このような結像シミュレーションを用いた自動修正を行い、光学系の収差を更に追い込んでいく。そして、最後に、実光学系に対する具体的な調整量を計算にて求める。なお、調整量は、投影光学系を構成する光学部材の形状(曲率、非球面形状等)、間隔、偏芯、傾き等の量である。

【0011】結像シミュレーションの自動修正に用いる手法は、例えば、DL S法に代表される局所最適化手法や、GA法(遺伝的アルゴリズム)やシミュレーテッド・アニーリングに代表される大域的最適化手法等があげられる。局所最適化手法の場合、一般に、光学系の諸収差をターゲットとする。そして、曲率や面間隔、硝子屈折率のように、その光学系の結像性能に関係する物理量をパラメータとして、それらパラメータによるターゲッ

トの変化率を計算する。そして、変化率を計算した時点での光学系の持つ収差を、最小にするようなパラメータの修正量を、逐次近似的に求めていく。この方法の詳細については、例えば、文献「レンズ設計」(高橋友刀著、東海大学出版)に記述されている。

【0012】次に、結像シミュレーションを用いた自動修正のターゲットについて説明する。結像シミュレーションを用いた自動修正のターゲットは、結像評価量そのものである。例えば、次にあげるザイデルの5収差に対応した結像評価量である。

- A. 球面収差：同一点上の周期の異なる2種類以上の結像パターンとのベストフォーカスの差。
- B. コマ収差：孤立5本線の左右両端の線幅差の比率。
- C. 非点収差：同一点上の異なる2方向のライン・アンド・スペース・パターンのベストフォーカスの差。
- D. 像面湾曲：露光フィールド中心点と周辺との結像パターンのベストフォーカスの差。
- E. 歪曲収差：露光フィールドの中心点を原点とする結像パターンの相対位置ずれ量。

【0013】なお、以上述べたザイデル収差以外にも様々な評価量があり、それらをターゲットとして設定することもできる。これらの評価量について、パラメータに対する変化率を計算して、前述した波面収差の場合と同様に、局所最適化手法にて自動修正を行う。このとき、波面を劣化させないために、波面のRMS等もターゲットとして設定しておくことより効果的である。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面によって説明する。図1、2、3にて、本発明による投影光学系の調整方法の第1実施例を説明する。図1は、本発明の第1実施例による投影光学系の調整方法を示すフローチャートである。まず、フィゾー干渉計等によって、投影光学系の波面収差の測定を行う(図1のa)。そのときの波面測定データ(同b)に基づいて、収差の追い込みを行う(同c)。ここで、追い込みとは、計算機にて投影光学系の収差を最適化する作業をいう。また、同図のbでは、光学系データの波面と測定波面の差分dWを求めている。

【0015】次に、結像シミュレーションによる投影光学系の結像評価を行い、その結像評価に基づいて、収差の追い込みを行う(同d)。そして、波面収差と結像シミュレーションによって得た収差が、十分な値となっているか判定する(同e)。収差が予め定められた範囲に入っている場合は、投影光学系の構成レンズの間隔修正量を算出する(同f)。収差が予め定められた範囲に入っていない場合は、収差が予め定められた範囲に入るまで、波面収差と結像シミュレーションによる追い込みを行う(同c～e)。

【0016】次に、図1のc～fにて算出した間隔修正量に基づいて、レンズを修正し(同g)、レジスト像を

測定する(同h)。この測定値が、予め定められた規格を満足する場合には(同i)、その投影光学系は完成品として、露光装置に組み込まれる(同j)。これに対して、測定値が規格を満足しない場合には(同i)、再度、波面収差を測定する(同a)。その後、レジスト像の測定値が規格を満足し、投影光学系が完成品となるまで、同図のa～iを繰り返す。このような工程を経て、最終的に投影露光装置が製造される。なお、図1では、投影光学系の補正のパラメータを、レンズの間隔修正量のみとしたが、その他、例えば、レンズの回転量や偏芯量等をパラメータとして選択しても良い。

【0017】次に、図2にて、図1の調整方法にて調整された後の投影光学系の収差を示す。前述した図11と同様に、図2の横軸は像高を表し、縦軸は収差を表す。なお、図2と図11の縦軸の各収差のスケールは同じである。点Aは球面収差を表し、線Bはコマ収差を表し、線Cは非点収差を表し、線Dは像面湾曲を表し、線Eは歪曲収差を表している。また収差の他に、同図の線Rは、波面のRMSを各像高毎に表示したものである。ここで、この図2に示す本第1実施例における調整方法によって調整された投影光学系の諸収差(A～E)及びRMS(R)と、図11に示す従来技術における諸収差及びRMSを比較する。RMSについては、本第1実施例にて顕著に改善されている。また、諸収差についても、従来技術と比較して、本第1実施例の方が、全体のバランスが均一となっている。

【0018】また、上述した諸収差及びRMSについての効果に加え、本第1実施例の作業効率には、従来技術に比べ大幅に向上する。例えば、図1に示すフローチャートのループ回数は、図11のフローチャートのループ回数の半分以下となる。ここで、図1のフローチャートに示す結像シミュレーションによる評価、追い込み(図1のd)の効果を確認するために、結像シミュレーションによる評価、追い込みを行わずに投影光学系を調整したときの収差図を図3に示す。図3と図11を比較すると、RMSについては図11に比べて全体に改善されている。しかし、諸収差については、図3のコマ収差Bが低像高側で劣化しており、像面湾曲Dも高像高側で劣化している。図11の非点収差Cは、高像高側で悪い結果となっている。このように、図3と図11の諸収差については、どちらが優れているのか判然としない。したがって、図1のフローチャートにおいて、結像シミュレーションによる微調整は、諸収差改善への効果が大きいことが分かる。

【0019】以上のように本第1実施例では、測定された投影光学系の波面収差に基づき、自動最適化手法を用いて調整量を算出して、それによって投影光学系の調整を行っている。このとき、波面収差のみをターゲットとした最適化を始めに行い、その後結像シミュレーションを応用して結像評価量を算出し、それをターゲットとし

て再度収差バランスを取っている。このように本第1実施例では、最初に測定した波面に基づいて、投影光学系の最適な調整量を算出できるため、投影光学系の調整作業が大幅に効率化される。

【0020】次に、図4、5にて、本発明による投影光学系の調整方法の第2実施例を説明する。図4は、本発明の第2実施例による投影光学系の調整方法を示すフローチャートである。本第2実施例では、前記第1実施例で行った投影光学系を構成するレンズの間隔修正に加えて、非球面研磨を調整項目としている。まず、前記第1実施例と同様に、投影光学系の波面収差の測定を行う(図4のa)。そのときの波面測定データ(同b)に基づいて、収差の追い込みを行う(同c)。

【0021】次に、結像シミュレーションによる投影光学系の結像評価を行い、その結像評価に基づいて、収差の追い込みを行う(同d)。そして、波面収差と結像シミュレーションによって得た収差が、十分な値となっているか判定する(同e)。収差が予め定められた範囲に入っている場合は、投影光学系の構成レンズの間隔修正量及び非球面研磨量を算出する(同f)。但し、このときの非球面研磨量はゼロとなる。一方、収差が予め定められた範囲に入っていない場合は、非球面研磨を実行するか否かの判定を行う(同k)。非球面研磨を実行する場合は、非球面研磨を選択して(同m)、非球面研磨量をパラメータに追加する(同n)。そして、再度、同図のc～eの工程を繰り返す。また、非球面研磨を実行しない場合は、間隔修正量のみをパラメータとして(同l)、同様に、同図のc～eの工程を繰り返す。

【0022】このような工程を、収差が予め定められた範囲に入るまで繰り返し、収差が予め定められた範囲に入ったとき、計算機にて算出した間隔修正量及び非球面研磨量に基づいて、レンズを修正し(同g)、レジスト像を測定する(同h)。この測定値が、予め定められた規格を満足する場合には(同i)、その投影光学系は完成品として、露光装置に組み込まれる(同j)。これに対して、測定値が規格を満足しない場合には(同i)、再度、波面収差を測定する(同a)。その後、レジスト像の測定値が規格を満足し、投影光学系が完成品となるまで、同図のa～iを繰り返す。なお、本第2実施例では、非球面研磨をパラメータとした非球面最適化(同k～n)を、結像シミュレーションによる結像評価、追い込みを行った後に実施しているが、実波面測定(同a)後であれば、どの段階で実施しても良い。

【0023】次に、図5にて、図4の調整方法にて調整された後の投影光学系の収差を示す。前記第1実施例の図2と比較して、諸収差、RMSが、共に格段に向上していることがわかる。すなわち、間隔修正量に加えて非球面研磨量をパラメータとすることにより、結像性能が格段に向上する。以上のように本第2実施例においても、前記第1実施例と同様に、最初に測定した波面に基

づいて、投影光学系の最適な調整量を算出できるため、投影光学系の調整作業が大幅に効率化される。

【0024】次に、図6、7、8にて、本発明による投影光学系の調整方法の第3実施例を説明する。図6は、本発明の第3実施例による投影光学系の調整方法を示すフローチャートである。前記第2実施例では、レンズの再研磨が必要となるが、本第3実施例では、レンズの再研磨を行わずに結像性能を向上させるものである。投影光学系は、波長オーダーの微小変形が生じると、その結像性能が変化する。そして、光学系を組立てるときに発生するレンズのたわみや、2次元的に発生するレンズの研磨誤差や、レンズ内部の光学的不均一性は、光学系の結像に大きな非対称誤差を発生させる原因となる。しかし、このような誤差のデータを干渉計を用いて測定して、その誤差データを数値計算可能な光学系データに加えた後、測定波面に基づいて修正を行えば、非対称な結像をある程度回避することができる。

【0025】具体的には、まず、前記第1実施例と同様に、投影光学系の波面収差の測定を行う(図6のa)。このときの波面測定データ(同b)に加えて、干渉計にて測定した誤差データを計算機に入力する(同p)。ここで、誤差データは、投影光学系のレンズの面変形や誤差非球面等のデータである。次に、波面測定データ及び誤差データに基づいて、波面収差による間隔、レンズの回転、偏芯の追い込みを行う(同q)。そして更に、結像シミュレーションによる結像評価を行い、その結像評価に基づいて、間隔、レンズの回転、偏芯の追い込みを行う(同r)。そして、投影光学系の最適な間隔修正量及び回転量、偏芯量を算出する(同s)。

【0026】そして、計算機にて算出した間隔修正量、回転量、偏芯量に基づいて、レンズを修正し(同g)、レジスト像を測定する(同h)。この測定値が、予め定められた規格を満足する場合には(同i)、その投影光学系は完成品として、露光装置に組み込まれる(同j)。これに対して、測定値が規格を満足しない場合には(同i)、再度、波面収差を測定する(同a)。その後、レジスト像の測定値が規格を満足し、投影光学系が完成品となるまで、同図のa～iを繰り返す。

【0027】次に、図7、8にて、本第3実施例の効果について説明する。図7は、図6の調整方法にて調整された後の投影光学系の各方向における収差の分布を示す。図8は、図6の調整方法にて調整される前の投影光学系の各方向における収差の分布を示す。図7、8の放射状の線に付した数字(0～330)は角度(°)を表し、投影光学系での方位に対応している。点線Pは、投影光学系が無収差であるときの仮想線である。線J～Nは、像高の割り合い(%)を表し、それぞれ、線Jは20%、線Kは40%、線Lは60%、線Mは80%、線Nは100%の像高を表す。2つの図を比較すると、明らかに、図8よりも図7の方が、回転方向の対称性が良

い、このように、本第3実施例においては、回転対称性の良い投影光学系を効率良く調整することができる。

【0028】また、本第3実施例においても、前記第1、2実施例と同様に、最初に測定した波面に基づいて、投影光学系の最適な調整量を算出できるため、投影光学系の調整作業が大幅に効率化される。なお、前述した第2実施例のように、非球面加工を導入した場合であっても、本第3実施例と同様に、非対称成分を抑えられる。しかし、その場合には回転非対称な非球面加工を実施しなければならない。このような場合であっても、本発明によれば、予めどのような非球面加工を施せば良いかをシミュレーションできるので、確実に、効率良く投影光学系を加工、調整することができる。

【0029】次に、図9にて、上記実施例に示す調整方法にて調整された投影光学系を搭載した投影露光装置の一実施例を示す。狭帯化素子を備えたKrFエキシマレーザー光源1から発した光束は、照明光学系2を経て、レチクルステージ3上に載置されたレチクルPのパターン面Paを、均一に照明する。レチクルPのパターン面Paから発した露光光は、投影光学系4を介して、ウエハステージ5上に載置されたウエハWの感光面Waに、パターン面Paの像を結像する。投影光学系4は、上記実施例に示す調整方法にて調整されている。したがって、結像性能が極めて高い投影露光装置を提供することができる。

【0030】

【発明の効果】以上のように本発明では、投影光学系の最適な調整量が算出されて、結像性能の高い投影光学系の調整方法を提供することができる。また、作業効率が極めて高いため、比較的安価な投影光学系の調整方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例による投影光学系の調整方

法を示すフローチャートである。

【図2】本発明の第1実施例による調整方法にて調整された後の投影光学系の収差図である。

【図3】本発明の第1実施例による調整方法にて結像シミュレーションによる追い込みを省いて調整した場合の投影光学系の収差図である。

【図4】本発明の第2実施例による投影光学系の調整方法を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第2実施例による調整方法にて調整された後の投影光学系の収差図である。

【図6】本発明の第3実施例による投影光学系の調整方法を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第3実施例による調整方法にて調整された後の投影光学系の各方向における収差量のレーダー図である。

【図8】本発明の第3実施例による調整方法にて調整する前の投影光学系の各方向における収差量のレーダー図である。

【図9】本発明の一実施例による投影露光装置を示す概略図である。

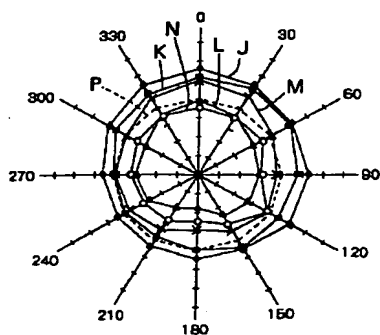
【図10】従来の投影光学系の調整方法を示すフローチャートである。

【図11】従来の調整方法にて調整された後の投影光学系の収差図である。

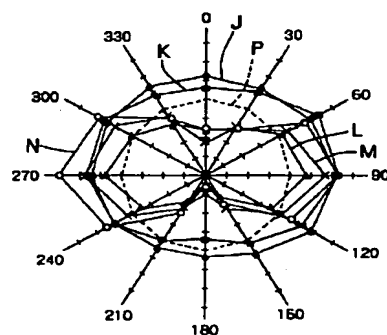
【符号の説明】

|            |          |
|------------|----------|
| A…球面収差     | B…コマ収差   |
| C…非点収差     | D…像面湾曲   |
| E…歪曲収差     | R…RMS    |
| 1…光源       | 2…照明光学系  |
| 3…レチクルステージ | 4…投影光学系  |
| 5…ウエハステージ  |          |
| P…レチクル     | Pa…パターン面 |
| W…ウエハ      | Wa…感光面   |

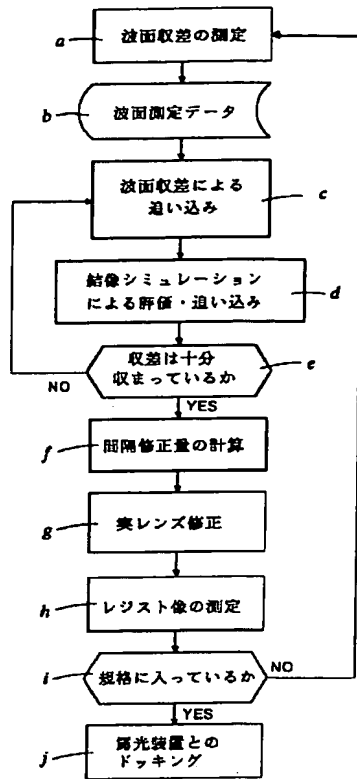
【図7】



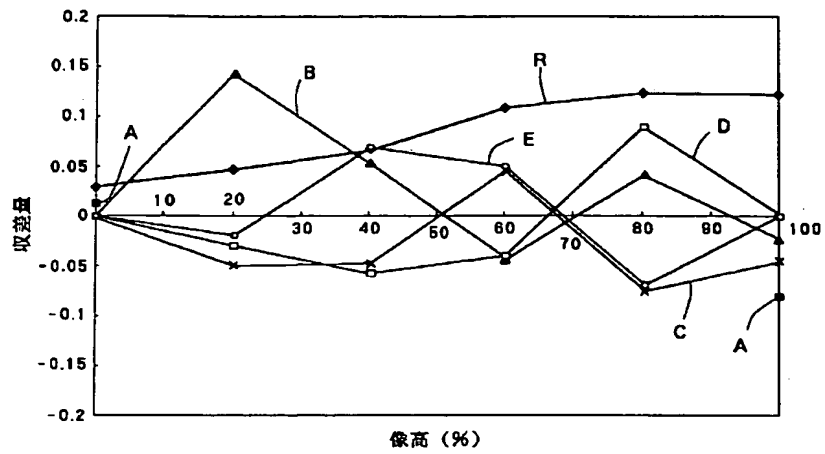
【図8】



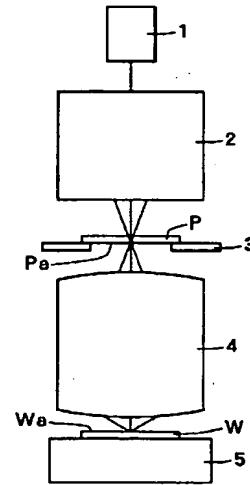
【図1】



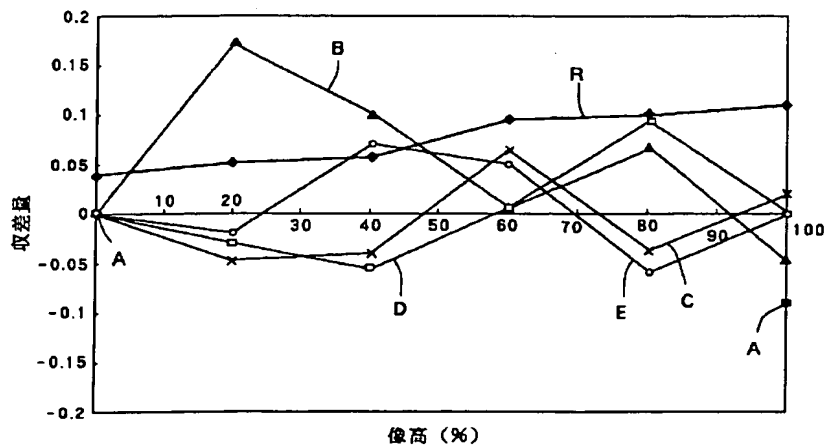
【図2】



【図9】

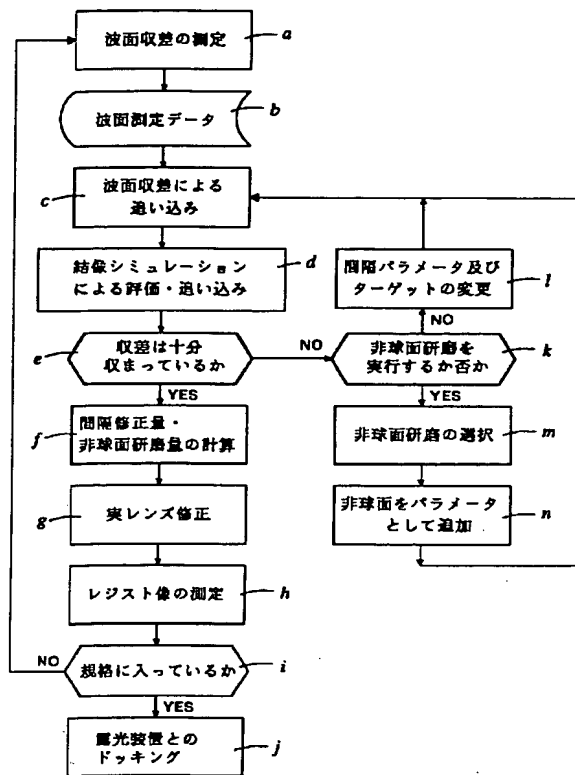


【図3】

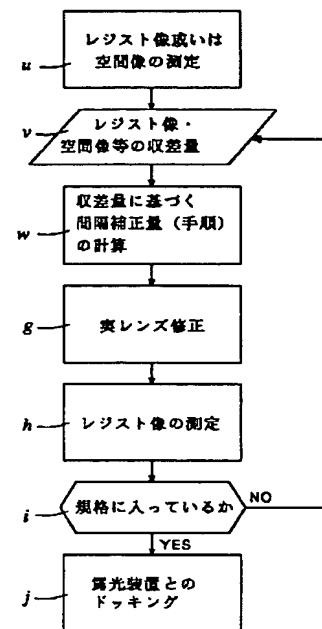




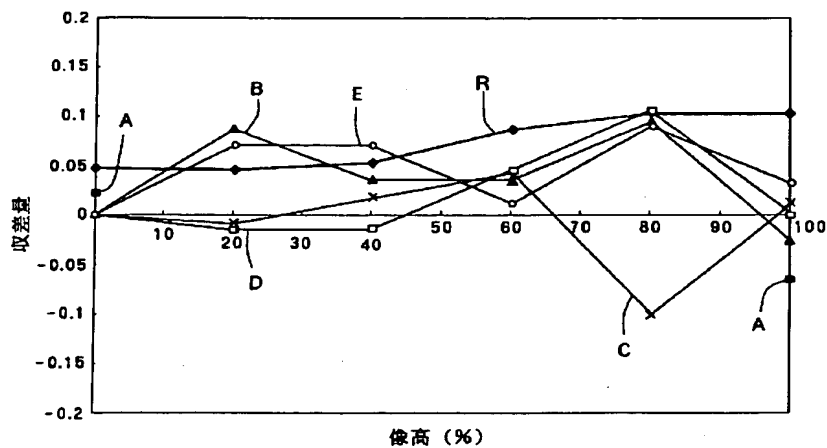
【図4】



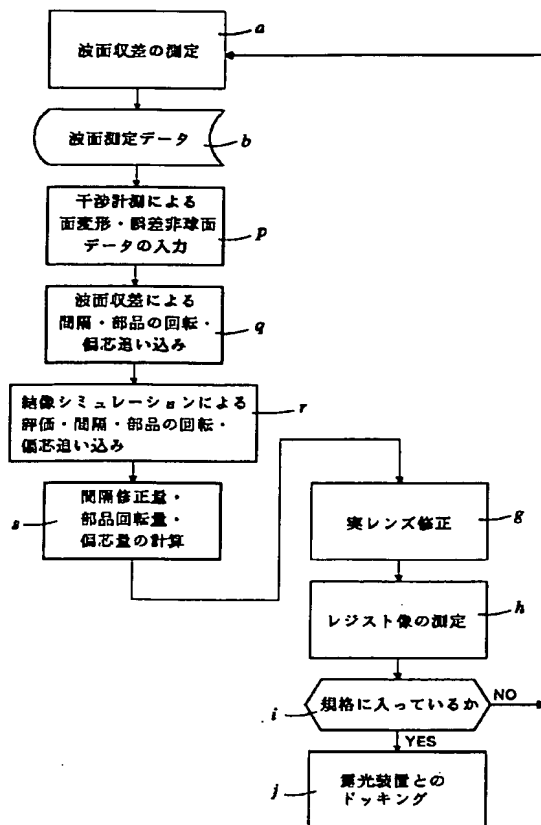
【図10】



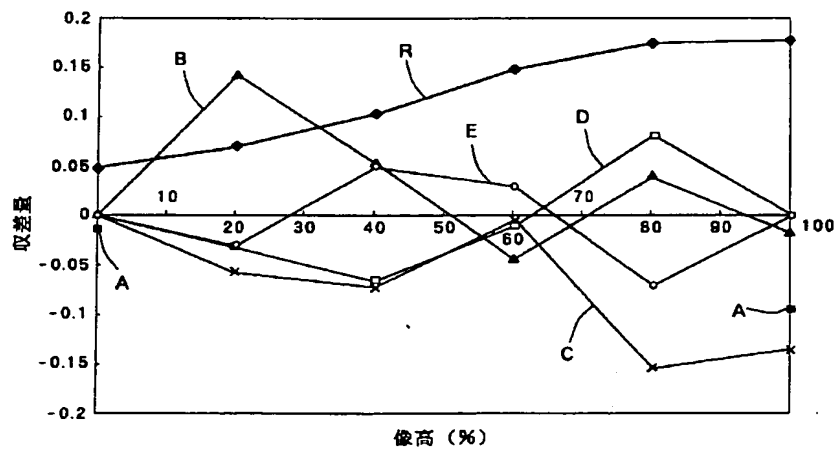
【図5】



【図6】



【図11】



BEST AVAILABLE COPY